

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник організаційно-методичного управління

Юсикаєв В.Б.

2019 р.



ПРОГРАМА

**комплексного екзамену з атестації за ступенем «бакалавр»
за напрямом підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи»
за фаховим спрямуванням «Електронні прилади та пристрої»**

1. Загальні положення

Мета екзамену полягає у визначенні відповідностей знань, вмінь та навичок за ступенем «бакалавр» та можливості освоєння абітурієнтами програми навчання в магістратурі.

Комплексний екзамен з атестації за ступенем «бакалавр» проводиться у вигляді тестів у письмовій формі протягом 90 хв. із таких дисциплін:

1. Фізичні основи електроніки
2. Технологічні основи електроніки
3. Твердотільна електроніка
4. Пристрої цифрової електроніки.
5. Технологія тонких плівок
6. Датчики неелектричних величин
7. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів
8. Прилади і пристрої оптоелектроніки та спінтроники

2. Анотації та типові питання з дисциплін, що виносяться на контрольний захід

На екзамен виносяться навчальні дисципліни, що формують загальні професійні компетенції зі спеціальності «Електроніка».

Дисципліна «**Фізичні основи електроніки**». Мета викладання дисципліни – отримання систематичних знань про електронні властивості металів і наноматеріалів електроніки. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю ознайомлення студентів з основами фізичних знань, на яких базується робота сучасних електронних інформаційних систем, фізичними принципами функціонування напівпровідникової електроніки, основами квантової та статистичної фізики.

Перелік питань з дисципліни «Фізичні основи електроніки», які виносяться на контрольний захід.

1. Будова твердих тіл. Поняття про кристал, елементарну комірку та елементи симетрії.
2. Сили взаємодії між частинками. Типи зв'язків у твердих тілах.

3. Розподіл електронів у атомі. Принцип Паулі, квантові числа.
4. Зонна теорія твердих тіл. Поняття про валентну і заборонену зони та зону провідності.
5. Зонна структура металів, напівпровідників та діелектриків.
6. Класична електронна теорія металів. Ефективна маса електрона. Енергія Фермі.
7. Елементи статистичної фізики. Квантова статистика електронів провідності в металах.
8. Класифікація напівпровідників. Статистика носіїв заряду у напівпровідниках різних типів.
9. Контактні явища в електронних структурах. Контакти метал-метал, метал-напівпровідник n-типу та метал - напівпровідник p-типу.
10. Теорія p- n- переходу.

Дисципліна **«Технологічні основи електроніки»**. Мета викладання дисципліни - формування у студентів поглибленого розуміння основ технології виготовлення інтегральних мікросхем та приладів мікроелектроніки, та сприяння розумінню фізичних процесів, їх практичного застосування при створенні нових мікроелектронних пристроїв і систем. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання знань з технології виготовлення інтегральних мікросхем, активних та пасивних елементів мікросхем та складання виробів мікроелектроніки.

Перелік питань з дисципліни «Технологічні основи електроніки», які виносяться на контрольний захід.

1. Послідовність формування та схема технологічного процесу дифузійно-планарних ІМС.
2. Послідовність формування та схема технологічного процесу епітаксійно-планарних ІМС.
3. Послідовність формування та схема технологічного процесу виготовлення V-канальних НІМС.
4. Послідовність формування та схема технологічного процесу виготовлення НІМС з діелектричною ізоляцією.
5. Впровадження домішки у напівпровідник шляхом термічної дифузії.
6. Впровадження домішки у напівпровідник шляхом іонної імплантації.
7. Автоепітаксія кремнію як базовий технологічний процес виготовлення ІМС.
8. Загальна характеристика фотолітографічного процесу.
9. Схема технологічного процесу виготовлення товстопліткових ГІМС. Характеристика та трафаретний друк паст.
10. Загальна характеристика етапів та методів складання ІМС.

Дисципліна **«Твердотільна електроніка»**. Мета викладання дисципліни – формування у студентів знань в області фізичних принципів роботи напівпровідникових приладів та особливостей їх застосування в електронних системах. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання студентами знань про параметри і характеристики напівпровідникових приладів і елементів інтегральних мікросхем та особливості експлуатації, необхідні для забезпечення штатних режимів роботи; типові схемотехнічні рішення.

Перелік питань з дисципліни «Твердотільна електроніка», які виносяться на контрольний захід.

1. Елементи фізики напівпровідників
2. Електронно-дірковий перехід і фізичні процеси в ньому.
3. Напівпровідникові діоди: конструкції, галузі застосування.
4. Біполярні транзистори: схеми включення, робочі характеристики.
5. Статичний і динамічний режими роботи біполярного транзистора.
6. Польові транзистори: конструктивно-технологічні особливості та галузі застосування.
7. Тиристри: диністорний та триністорний режими роботи приладів.
8. Генераторні прилади: лавинно-пролітні діоди та діоди Ганна.
9. Елементи оптоелектроніки.
10. Основи мікроелектроніки: елементи і компоненти інтегральних схем.

Дисципліна **«Пристрої цифрової електроніки»**. Мета викладання дисципліни – формування у студентів знань в області принципів роботи і побудови цифрових схем і пристроїв та їх застосування в електронних системах. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання студентами знань про параметри і характеристики цифрових приладів і пристроїв, типові схемотехнічні рішення та особливості експлуатації.

Перелік питань з дисципліни «Пристрої цифрової електроніки», які виносяться на контрольний захід.

1. Комбінаційні автомати і автомати з пам'яттю: означення, приклади, порівняльна характеристика.
2. Функціонально-повні логічні базиси: означення, приклади, опис роботи.
3. Дешифратори: позначення, приклади, опис роботи. Повний і неповний дешифратор. Таблиці істинності.
4. Шифратори: позначення, логічні рівняння, таблиця істинності, опис роботи.
5. Перетворювачі кодів: позначення, структурна схема, таблиця істинності, опис роботи.
6. Мультиплексори: позначення, функціональна схема, інформаційні та адресні входи, часова діаграма, опис роботи.
7. Демультіплексор: позначення, функціональна схема, інформаційні та адресні входи, часова діаграма, опис роботи.
8. Тригери: позначення, таблиця функціонування, часова діаграма, опис роботи. Прямий і інверсний вихід. Нульовий і одиничний стан тригера. RS – тригер на елементах АБО.
9. Накопичувальні регістри з одно- і парафазними входами: позначення, схемна реалізація, часова діаграма, опис роботи.
10. Підсумовувальні лічильники: алгоритм роботи, схемна реалізація, часова діаграма, опис роботи.

Дисципліна **«Технологія тонких плівок»**. Мета викладання дисципліни - формування у студентів поглибленого розуміння основ технології одержання, структурних і функціональних особливостей плівкових матеріалів, які мають

широке застосування у мікроелектроніці та плівковому приладобудуванні. Питання, які розглядаються в даному курсі, викладаються з таким ступенем деталізації, що можуть знадобитися в практичних умовах отримання методами термічного, іонно-плазмового і реактивного напилення багат шарових плівкових систем для оптичних і мікроприладів, захисних покриттів для різних конструкцій і деталей.

Перелік питань з дисципліни «Технологія тонких плівок», які виносяться на контрольний захід.

1. Основи термодинаміки і кінетичної теорії газів (рівноважний тиск металевої пари).
2. Основи термодинаміки і кінетичної теорії газів (розподіл атомів металевої пари за швидкостями).
3. Випаровування матеріалів для тонких плівок і покриттів: резистивне, електронно-променеве, іонне і реактивне.
4. Методи контролю та вимірювання товщин тонких плівок.
5. Чотири стадії росту плівки; механізм конденсації плівок.
6. Утворення дефектів у процесі росту плівки і покриття (дислокації).
7. Утворення дефектів у процесі росту плівки і покриття (межі зерен).
8. Нанокристалічні та аморфні плівкові матеріали.
9. Внутрішні макронапруження в конденсатах.
10. Процеси старіння в тонких плівках.

Дисципліна «**Датчики неелектричних величин**». Мета викладання дисципліни – формування у студентів загальноосвітніх знань у галузі плівкового приладобудування і, зокрема, про плівкові сенсори неелектричних величин; дати студентам розуміння про перспективи застосування плівкових сенсорів. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання студентами знань та розуміння в принципах формування і конструювання датчиків неелектричних величин, класифікацією датчиків на основі плівкових матеріалів та фізичних процесах в датчиках температури, тиску, вологості, загазованості і магнітного поля.

Перелік питань з дисципліни «Датчики неелектричних величин», які виносяться на контрольний захід.

1. Датчики температури із платини і нікелю.
2. Терморезистори із від'ємним і додатнім термічним коефіцієнтом опору.
3. Кремнієві датчики тиску.
4. Газові датчики у вигляді термокондуктометричних або термохімічних комірок.
5. Датчики тиску на основі металевої плівки.
6. Датчики вологості.
7. Тонкоплівкові газові датчики.
8. Уявлення про тензоефект та тензометричні характеристики.
9. Металеві та напівпровідникові тензорезистори.
10. Магніторезистивні датчики і датчики Холла.

Дисципліна «**Прилади та методи дослідження плівкових матеріалів**». Мета викладання дисципліни – вивчення конструкції і принципу роботи електронних приладів і методів дослідження кристалічної структури і фазового складу плівкових матеріалів електроніки (методи просвічуючої і растрової мікроскопії та електроннографії і рентгенографії), хімічного і елементного складу як плівкових, так і масивних матеріалів, що знайшли застосування в мікроелектронній та сенсорній техніці (методи кількісного і якісного мікроаналізу, оже-електронної спектроскопії та вторинно-іонної мас-спектрометрії). Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання студентами знань про приладову базу та фізичні методи дослідження кристалічної структури і фазового складу та хімічного і елементного складу плівкових і масивних матеріалів електроніки.

Перелік питань з дисципліни «Прилади та методи дослідження плівкових матеріалів», які виносяться на контрольний захід.

1. Формування зображення в просвічуючому електронному мікроскопі (ПЕМ): типи мікроскопічних контрастів.
2. Формування зображення в растровому електронному мікроскопі (РЕМ): типи мікроскопічних контрастів.
3. Використання методів ПЕМ і РЕМ для дослідження кристалічної структури тонких плівок.
4. Основи електроннографічного аналізу.
5. Основи рентгеноструктурного аналізу.
6. Фізичні принципи рентгенівського мікроаналізу (РМА): якісний РМА.
7. Фізичні принципи рентгенівського мікроаналізу (РМА): кількісний РМА.
8. Метод оже-електронної спектроскопії.
9. Принцип роботи вторинно-іонного мас-спектрометра (ВІМС).
10. Методика аналізу спектрів ВІМС.

Дисципліна «**Прилади і пристрої оптоелектроніки та спінтроніки**». Мета викладання дисципліни – вивчення фізичних принципів функціонування та конструктивно-технологічних особливостей приладів і пристроїв оптоелектроніки та спінтроніки. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання студентами знань про приладову базу оптоелектроніки та спінтроніки як сучасних галузей електроніки.

Перелік питань з дисципліни «Прилади і пристрої оптоелектроніки та спінтроніки», які виносяться на контрольний захід.

1. Фізичні основи роботи приладів оптоелектроніки: електро-, акусто- і п'єзооптичні ефекти, фотоэффект. Електро- і магнітооптичні матеріали.
2. Оптопари: класифікація, фізичні принципи функціонування.
3. Оптрони: конструктивно-технологічні особливості, галузі застосування.
4. Приймачі оптичного випромінювання.
5. Джерела оптичного випромінювання.
6. Світловипромінюючі діоди: конструкція, параметри і характеристики.
7. Волоконно-оптичні лінії зв'язку: фізичні принципи роботи, конструкція.
8. Спіннові транзистори: структура, фізика процесів, параметри.
9. Датчики на основі ефекту гігантського магнітоопору (ГМО).
10. Застосування ГМО-матеріалів.

3. Структура завдань

Екзаменаційне завдання складається із восьми завдань теоретичного і практичного спрямування (по одному питанню із вищевказаних дисциплін). Питання із дисциплін сформовані таким чином, що повністю зберігається структура курсу, хоча питання другорядного характеру не включені у тестові завдання.

Кожне завдання включає в себе сім або шість питань, на кожне із яких пропонується чотири варіанти відповіді, одна із яких вірна (зразок екзаменаційного завдання наведений у додатку 1).

Відповіді заносяться студентом у письмовій формі в аркуш відповіді (зразок аркушу відповіді наведений у додатку 2).

4. Критерії оцінювання відповідей

Оцінювання завдань для підсумкової атестації за ступенем «бакалавр» проводиться сумарно за всі вісім завдань. За одне тестове питання можна отримати 2 бали, за одне тестове завдання 14 або 12 балів у залежності від кількості тестових питань у завданні (7 або 6 питань). За одне виправлення відповіді віднімається 2 бали. Далі підсумовується кількість отриманих балів по тестовим завданням і в цілому за екзаменаційне завдання. Максимальна кількість балів, яку можна отримати по тестовим завданням 100 балів. Оцінка ставиться у відповідності із критеріями нижченаведеної таблиці.

| Рейтингова бальна шкала оцінювання | Національна п'ятибальна шкала оцінювання |
|------------------------------------|--|
| 90-100 | 5,0 (відмінно) |
| 82-89 | 4,0 (добре) |
| 74-81 | |
| 64-73 | 3,0 (задовільно) |
| 60-63 | |
| 35-59 | 2 (незадовільно) |
| 1-34 | |

5. Список рекомендованої літератури по дисциплінам

Дисципліна «Фізичні основи електроніки»:

1. Бібик В.В., Гричановська Т.М., Однорець Л.В., Шумакова Н.І. Фізика твердого тіла: навч. посібник з грифом МОН України / за заг. ред. проф. І.Ю.Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 200 с.
(<http://library.sumdu.edu.ua/>)
2. Болеста І.М. Фізика твердого тіла: навч. посібник. – Львів: Видавничий Центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 480 с.

Дисципліна «Технологічні основи електроніки»:

1. Технологічні основи електроніки (практикуми) : навчальний посібник / Н. М. Опанасюк, Л. В. Однорець, А. О. Степаненко, С. І. Проценка. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 105 с.

(<http://www.essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/33037>)

2. Готра З. Ю. Технологія електронної техніки : навч. посібник : у 2 т. / З. Ю. Готра. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 888 с.

Дисципліна «Твердотільна електроніка»:

1. Дружинін А.О. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: навч. посібник / А.О. Дружинін. – Львів: Львівська політехніка, 2009. – 332 с.
2. Твердотільна електроніка: навч. посібник / О.А. Борисенко, О.М. Кобяков, А.І. Новгородцев та ін. – Суми: СумДУ, 2013. – 271 с.
(<http://www.essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/30478>)
3. Епифанов Г.И. Твердотельная электроника: учебник / Г.И. Епифанов, Ю.А. Мома. – Москва: Высшая школа, 1986. – 304 с.

Дисципліна «Пристрої цифрової електроніки»:

1. Борисенко О. А. Цифрова схемотехніка : підручник / О. А. Борисенко – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 200 с.
(<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/48786/1/Borisenko.pdf>)
2. Схемотехніка електронних систем: підручник у 3-х книгах. Книга 2: Цифрова схемотехніка / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. – Київ : Вища школа, 2004. – 423 с.
3. Борисенко О. А. Дискретна математика: підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Університетська книга, 2007. – 255 с.
(<https://studfiles.net/preview/6177007/>)

Дисципліна «Технологія тонких плівок»:

1. Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. Технологія одержання і застосування плівкових матеріалів.- Суми: СумДУ, 2007.- 198 с.
(<http://library.sumdu.edu.ua/>).
2. Проценко І.Ю., Саєнко В.А, Тонкі металеві плівки (технологія та властивості). – Суми: СумДУ, 2002. – 186 с. (<http://kpf.elit.sumdu.edu.ua/uk/material/procenko-iyu-saienko-va-tonki-metalevi-plivki-tehnologiya-ta-vlastivosti>).
3. Бібик В.В., Гричановська Т.М., Одноворець Л.В., Шумакова Н.І. Фізика твердого тіла /за заг. ред. проф. І.Ю.Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 200 с. (<http://library.sumdu.edu.ua/>).

Дисципліна «Датчики неелектричних величин»:

1. Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. Датчики неелектричних величин.- Суми: СумДУ, 2003.- 80 с. (<http://library.sumdu.edu.ua/>).
2. Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. Технологія одержання і застосування плівкових матеріалів.- Суми: СумДУ, 2007.- 198 с. (<http://library.sumdu.edu.ua/>).

Дисципліна «Прилади та методи дослідження плівкових матеріалів»:

1. Проценко І.Ю., Чорноус А.М., Проценко С.І. Прилади та методи одержання плівкових матеріалів. - Суми: СумДУ, 2007.- 264 с. (<http://library.sumdu.edu.ua/>).

2. Проценко І.Ю., Однодворець Л.В. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки. – Суми: СумДУ, 2011. – 231с. (<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3881>).

Дисципліна «Прилади і пристрої оптоелектроніки та спінтроніки»:

1. Кожемяко В.П., Павлов С.В., Тарновський М.Г. Оптоелектронна схемотехніка: навч. посібник з грифом МОН України. – ВНТУ: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 189 с. (<http://tarnowski.vk.vntu.edu.ua/file/MethodRab/fb5e9780d126d1d2f071328015191a07.pdf>)
2. Основи спінтроніки: матеріали, прилади та пристрої: навч. посібник / Ю. А. Куницький, В.В Курилюк, Л. В. Однодворець, І. Ю. Проценко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2013. – 127 с. (<http://www.essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31807>).
3. Фізичні основи спінтроніки / О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. – Вінниця: Нілан ЛТД, 2014. – 499 с. (http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/elcat/new/detail.php3?doc_id=1591856).

РОЗРОБЛЕНО:

Зав. кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики



Проценко І.Ю.

Схвалено на засіданні кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики
Протокол № 8 від 08 січня 2019 року.

ПОГОДЖЕНО:

Заст. декана факультету ЕлІТ



Козлова І.І.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник організаційно-методичного управління

Юскаєв В.Б.
«___» _____ 2019 р.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

комплексного екзамену з атестації за ступенем «бакалавр»
за напрямом підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи»
за фаховим спрямуванням «Електронні прилади та пристрої»

Варіант № 5

Завдання 1. Зонна структура метала, напівпровідника, діелектрика.

1.1. Згідно зонної тверді тіла поділяються на метали, напівпровідники і діелектрики за ознаками:

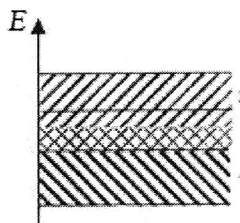
- а) шириною забороненої зони, наповненістю електронами певних зон;
- б) шириною заборонених рівнів, кількістю електронів у зоні провідності;
- в) кількістю дозволених рівнів в зоні провідності та шириною валентної зони;
- г) шириною зони провідності, кількістю енергетичних зон.

1.2. Згідно зонної теорії основною ознакою діелектрика ϵ :

- а) повністю заповнена зона провідності при $T=0\text{K}$;
- б) повністю пуста зона провідності при $T=0\text{K}$;
- в) відсутність електронів у валентній зоні у рівноважному стані атома;
- г) неможливість переходу електронів у зону провідності при будь-якій температурі.

1.3. Енергетична діаграма на рисунку, де 1 – валентна зона, 2 – зона провідності, згідно зонної теорії може відповідати:

- а) металам;
- б) діелектрикам;
- в) всім твердим тілам;
- г) напівпровідникам.



1.4. У напівпровідника валентна зона:

- а) заповнена завжди лише частково;
- б) завжди пуста;
- в) заповнюється лише при накладанні зовнішнього електричного поля;
- г) заповнена повністю.

1.5. У межах зонної теорії твердих тіл електрони провідності в одновимірному кристалі знаходяться під впливом періодичного потенційного поля $U(r)$, що

схематично представлений на рисунку згідно моделі Кроніга-Пенні, де a і b – параметри періодичності кристалу. В межах цієї моделі умова, за якою електрон буде сильно зв'язаний з атомом, має вигляд:

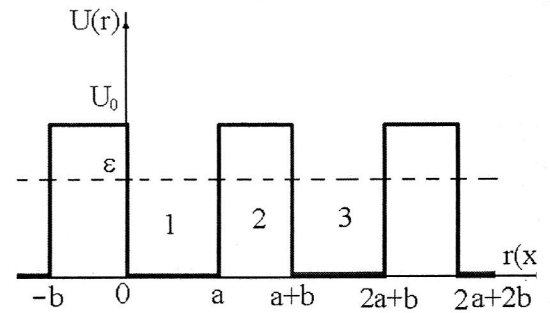
а) $U_0 = 0$;

б) $U_0 = \frac{3}{2}kT$, де k – стала Больцмана,

T – температура;

в) $U_0 \rightarrow \infty$;

г) $U_0 = E_F$, де E_F – енергія Фермі.



1.6. Згідно зонної теорії збільшення валентності атомів, що утворили метал:

а) завжди призводить до збільшення його питомої провідності кристалу;

б) не впливає на питому провідність кристалу;

в) не впливає на питомий опір кристалу;

г) зменшує питому провідність кристалу.

1.7. Пробій діелектрика супроводжується лавиноподібним переходом збуджених електронів:

а) із валентної зони у зону провідності;

б) із зони провідності у заборонену зону;

в) за межі атома;

г) із зони провідності у валентну зону.

Завдання 2. Впровадження домішки у напівпровідник шляхом термічної дифузії.

2.1. Вказати, що є метою проведення процесу термічної дифузії:

а) внесення іонів домішки легуючого елемента в кристалічну решітку напівпровідника для утворення області з певним типом провідності;

б) орієнтоване нарощування шарів речовини на вихідну монокристалічну підкладку;

в) внесення атомів домішки легуючого елемента в кристалічну решітку напівпровідника для утворення області з певним типом провідності;

г) одержання рельєфу потрібної конфігурації діелектричних, напівпровідникових та металевих плівок на поверхні напівпровідникових або діелектричних підкладок.

2.2. Вказати, які елементи використовуються як дифузанти при дифузії легуючих домішок у кремній:

а) елементи другої групи періодичного закону;

б) елементи четвертої групи періодичного закону;

в) елементи другої та четвертої групи періодичного закону;

г) елементи третьої та п'ятої групи періодичного закону.

2.3. Виберіть рівняння, яке відповідає першому закону Фіка:

а) $J_{\text{диф}} = -D \frac{\partial N}{\partial x}$;

б) $\frac{\partial N(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N(x,t)}{\partial x^2}$;

в) $D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$;

г) $N(x) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi \cdot \Delta \bar{R}_p}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{R}_p}{\Delta \bar{R}_p}\right)^2\right]$.

2.4. Яке з наведених співвідношень описує динаміку процесу термічної дифузії:

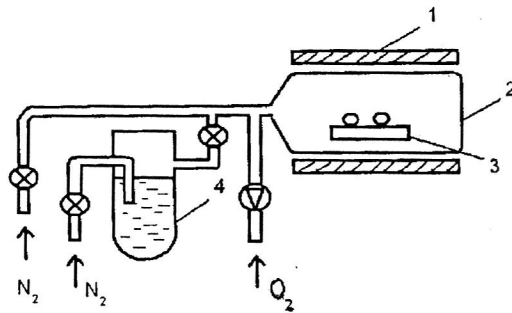
а) $J_{\text{диф}} = -D \frac{\partial N}{\partial x}$;

б) $\frac{\partial N(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N(x,t)}{\partial x^2}$.

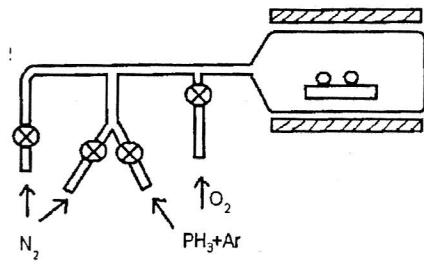
в) $D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$;

г) $N(x) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi \cdot \Delta \bar{R}_p}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{R}_p}{\Delta \bar{R}_p}\right)^2\right]$.

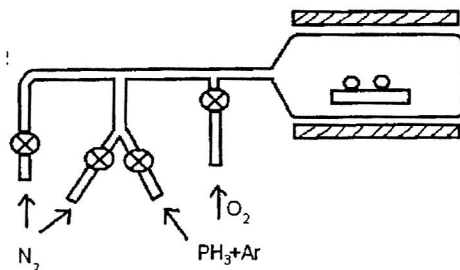
2.5. Вказати, на якому з рисунків наведена схема установки для дифузії з використанням рідинних джерел домішки:



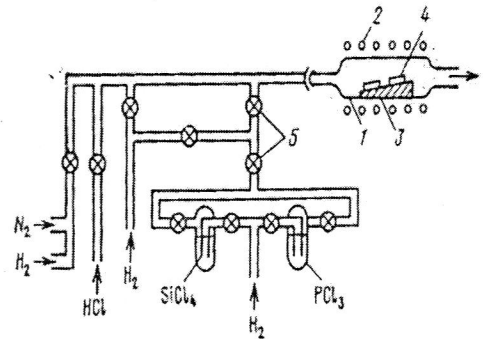
а)



б)



в)



г)

2.6. Яке з наведених співвідношень описує температурну залежність коефіцієнта дифузії:

а) $D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right);$

б) $\frac{\partial N(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N(x,t)}{\partial x^2};$

в) $J_{\text{диф}} = -D \frac{\partial N}{\partial x};$

г) $N(x) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi \cdot \Delta R_p}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{R}_p}{\Delta R_p}\right)^2\right]$

Завдання 3. Динамічний режим роботи біполярного транзистора.

3.1. Вхідні характеристики біполярного транзистора у схемі зі спільною базою це залежності:

а) $I_E = f(U_{EB}) / U_{KB} = \text{const};$

б) $I_K = f(U_{KB}) / I_E = \text{const};$

в) $U_{EB} = f(U_{KB}) / I_E = \text{const};$

г) $I_B = f(U_{EB}) / U_{KB} = \text{const}.$

3.2. Кремійові біполярні транзистори можуть працювати в інтервалі температур:

а) $-100 \text{ }^\circ\text{C} - +400 \text{ }^\circ\text{C};$

б) $-60 \text{ }^\circ\text{C} - +200 \text{ }^\circ\text{C};$

в) $-40 \text{ }^\circ\text{C} - +300 \text{ }^\circ\text{C};$

г) $-20 \text{ }^\circ\text{C} - +400 \text{ }^\circ\text{C}.$

3.3. При під'єднанні біполярного транзистора у схемі зі спільним емітером найгіршим є випадок електричного розриву:

а) кола бази ($I_B = 0$);

б) кола емітера ($I_E = 0$);

в) кола колектора ($I_K = 0$);

г) кола колектора і бази ($I_K = 0, I_B = 0$).

3.4. Вибір робочого режиму біполярного транзистора зумовлений обмеженнями за:

а) мінімальним струмом колектора; мінімальною колекторною напругою; мінімальною потужністю, що розсіюється колектором;

б) максимальним струмом колектора; максимальною колекторною напругою; максимальною потужністю, що розсіюється колектором;

в) максимальним струмом емітера; максимальною емітерною напругою; максимальною потужністю, що розсіюється емітером;

г) максимальним струмом бази; максимальною напругою на базі; максимальною потужністю, що розсіюється базою.

3.5. При аналізі транзисторних схем використовують фізичні еквівалентні схеми транзисторів, які містять у собі такі фізичні (реальні) параметри біполярного транзистора:

- а) диференціальний опір емітерного переходу (r_E); диференціальний опір колекторного переходу (r_K); опір бази (r_B); диференціальний коефіцієнт передачі емітерного струму (α);
- б) повний опір емітерного переходу (r_E); повний опір колекторного переходу (r_K); опір бази (r_B); диференціальний коефіцієнт передачі емітерного струму (α);
- в) диференціальний опір емітерного переходу (r_E); диференціальний опір колекторного переходу (r_K); диференціальний опір бази (r_B);
- г) диференціальний опір колекторного переходу (r_K); опір бази (r_B); диференціальний коефіцієнт передачі емітерного струму (α).

3.6. Відомі такі способи забезпечення режиму спокою транзисторного каскаду:

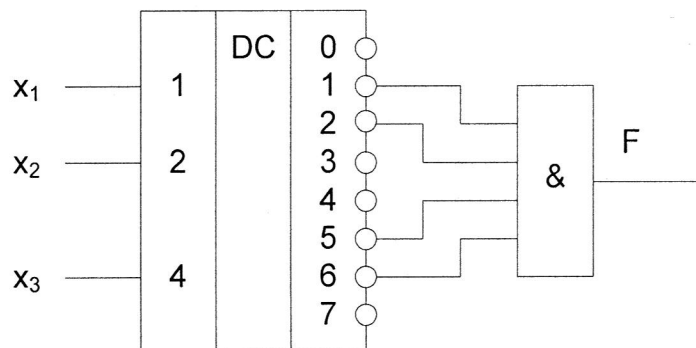
- а) схема з фіксованим струмом колектора; схема з фіксованим потенціалом колектора; транзисторний каскад з температурною стабілізацією в колекторному колі;
- б) схема з фіксованим струмом емітера; схема з фіксованим потенціалом емітера; транзисторний каскад з температурною стабілізацією в емітерному колі;
- в) схема з фіксованим потенціалом бази; транзисторний каскад з температурною стабілізацією в колекторному колі;
- г) схема з фіксованим струмом бази; схема з фіксованим потенціалом бази; транзисторний каскад з температурною стабілізацією в емітерному колі.

Завдання 4. Суматори і лічильники.

4.1. Скільки однорозрядних суматорів та напівсуматорів необхідно мати для додавання двох трьохрозрядних чисел:

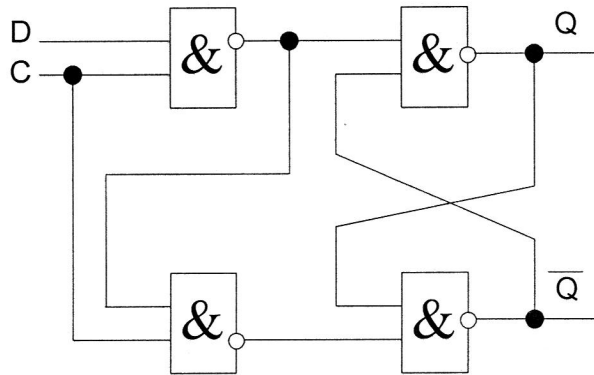
- а) три напівсуматори та один суматор;
- б) три напівсуматори;
- в) один напівсуматор та два суматори;
- г) три суматори.

4.2. На базі дешифратора реалізована логічна функція. На яких номерах наборів вона приймає нульові значення:



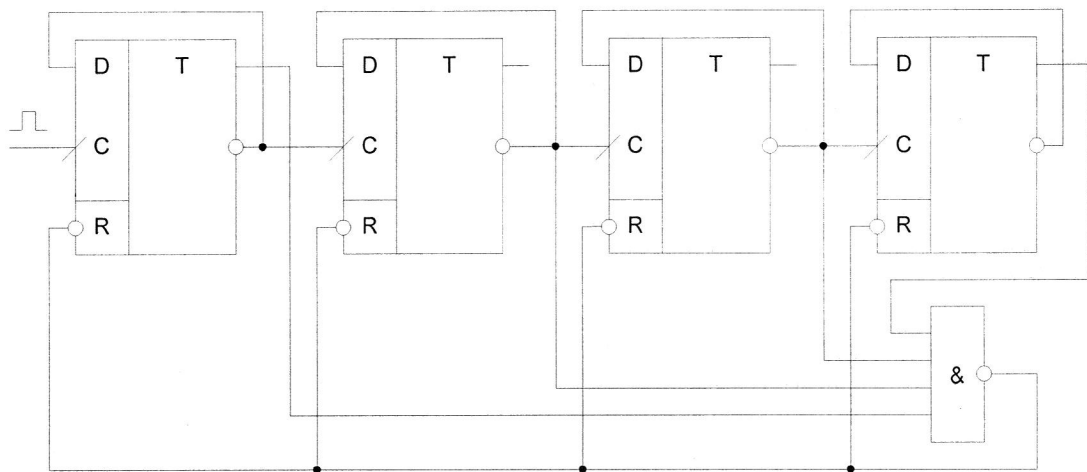
- а) 1, 2, 5, 6;
- б) 0, 3, 4, 7;
- в) 1, 2, 3, 5, 7;
- г) 0, 2, 6, 7.

4.5. Визначити значення сигналу на виході схеми, якщо $D=0$, $C = 1$:



- а) $Q = 0$, $\bar{Q} = 1$;
- б) $Q = 1$, $\bar{Q} = 0$;
- в) $Q = Q$, $\bar{Q} = \bar{Q}$;
- г) $Q = \bar{Q}$, $\bar{Q} = Q$.

4.6. Наведена схема двійкового лічильника. Який коефіцієнт перерахунку він має:



- а) 9;
- б) 16;
- в) 15;
- г) 4.

Завдання 5. Чотири стадії росту плівки, механізми конденсації тонких плівок.

5.1. Виберіть правильний варіант відповіді:

- а) чотири стадії росту плівки: утворення адатомів і кластерів; утворення острівців; утворення каналів; утворення суцільної плівки;
- б) чотири стадії росту плівки: утворення острівців; коалесценція острівців; утворення каналів; утворення суцільної плівки;
- в) чотири стадії росту плівки: утворення адатомів; критичного зародка; коалесценція; утворення суцільної плівки;
- г) утворення кластерів і суцільної плівки.

5.2. Виберіть правильний варіант відповіді:

а) вище температури $\theta_1 \cong \frac{2}{3}T_s$ реалізується механізм Н.П. \rightarrow К;

б) поблизу θ_1 відсутня гетерогенна конденсація;

в) вище температури $\theta_2 \cong \frac{1}{3}T_s$ реалізується механізм конденсації Н.П. \rightarrow Р (\rightarrow К);

г) вище температури $\theta_2 \cong \frac{1}{3}T_s$ реалізується механізм конденсації Н.П. \rightarrow К.

5.3. Окремий атом може виступати як критичний зародок:

а) при конденсації легкоплавких металів;

б) при конденсації тугоплавких металів при низьких температурах;

в) при конденсації при високих температурах;

г) окремий атом не може бути атомом.

5.4. Кластером називається:

а) критичний зародок;

б) окремий острівцець плівки;

в) утворення із декількох атомів мінімальної термодинамічної стабільності;

г) комплекс із атомів докритичного розміру, термодинамічно нестабільний.

5.5. Область гетерогенної конденсації. Вибрати правильний варіант відповіді:

а) ширина області гетерогенної конденсації $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ не залежить від швидкості конденсації;

б) ширина області гетерогенної конденсації $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ зменшується при збільшенні швидкості конденсації;

в) ширина $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ збільшується при збільшенні швидкості конденсації;

г) гетерогенна конденсація реалізується лише біля θ_1 .

5.6. При $T_n < \theta_2$ реалізується найбільш вірогідний механізм конденсації:

а) Н.П. \rightarrow А (\rightarrow К);

б) Н.П. \rightarrow Р (\rightarrow А);

в) Н.П. \rightarrow А;

г) Н.П. \rightarrow К.

5.7. Механізм конденсації Н.П. \rightarrow Р реалізується у результаті:

а) у результаті коалесценції острівців при $T > \theta_2$;

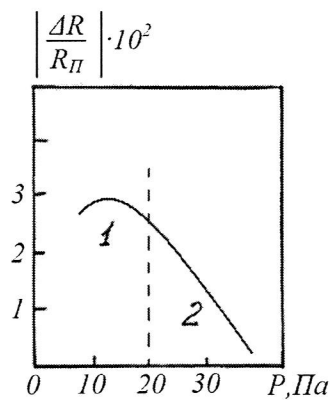
б) високої дифузної рухливості атомів при $T < \theta_2$;

в) низької дифузійної рухливості атомів при $\theta_2 \leq T_n \leq \theta_1$;

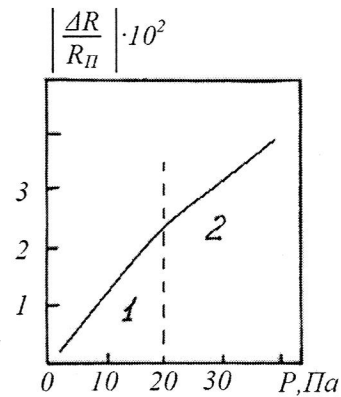
г) плавлення плівкового матеріалу при $T > \theta_1$.

Завдання 6. Датчики тиску на основі металевої плівки.

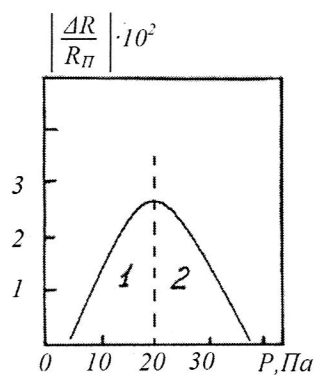
6.1. На якому рисунку наведена правильна робоча характеристика датчика тиску на основі плівки хрому (на осі x-ів вказаний тиск залишкових газів):



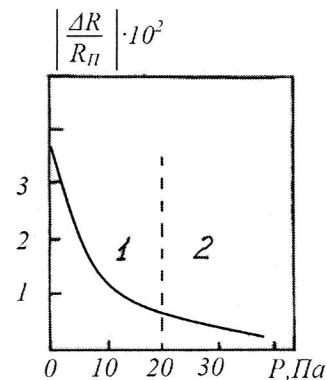
а)



б)



в)



г)

6.2. Який із запропонованих чутливих резисторів може застосовуватися у датчиках тиску:

- а) Cu/Cr; б) Ni/Fe; в) Cu/Fe/Co; г) на основі пермалою.

6.3. Плівковий датчик тиску на основі Cu/Cr застосовується при вимірюванні:

- а) тиску газів в інтервалі 1-10 ат.;
б) високого вакууму;
в) атмосферного тиску;
г) форвакууму.

6.4. На основі якого явища функціонує даний датчик тиску:

- а) розмірний ефект в електропровідності;
б) тензорезистивний ефект;
в) залежність опору плівки від усестороннього стиснення;
г) п'єзоелектричний ефект.

6.5. Чому даний датчик тиску працює лише в області форвакууму:

- а) спостерігається лінійна залежність опору від тиску;
б) при високому вакуумі не фіксуються зміни опору;

- в) при високому вакуумі руйнується чутливий елемент;
- г) спостерігається нелінійна залежність опору від тиску.

6.6. Використання двошарової плівки дозволяє:

- а) покращити чутливість до деформації;
- б) стабілізує електрофізичні властивості;
- в) продовжує ресурс роботи чутливого елемента;
- г) блокує дифузійні процеси атомів.

Завдання 7. Основи рентгенографії для кристалів кубічної сингонії. Виберіть правильне твердження.

7.1. Кути дифракції в рентгенографії:

- а) $4^\circ < 2\Theta < 10^\circ$; б) $2\Theta < 4^\circ$; в) $2\Theta \cong 10^\circ$; г) 2Θ менше 100° .

7.2. Основні рівняння рентгенографії для кристалів кубічної сингонії:

а) $2d \sin\theta = n\lambda$; $d = C/D$;

$$\sin^2 \Theta_1 : \sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_3 : \dots = (h_1^2 + k_1^2 + l_1^2) : (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2) : (h_3^2 + k_3^2 + l_3^2);$$

б) $2d \sin\theta = n\lambda$; $d = C/D$;

$$\frac{1}{d_1^2} : \frac{1}{d_2^2} : \frac{1}{d_3^2} : \dots = (h_1^2 + k_1^2 + l_1^2) : (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2) : (h_3^2 + k_3^2 + l_3^2) : \dots;$$

в) $2d \sin\theta = n\lambda$;

$$\sin^2 \Theta_1 : \sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_3 : \dots = (h_1^2 + k_1^2 + l_1^2) : (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2) : (h_3^2 + k_3^2 + l_3^2) : \dots;$$

$$a = d\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

г) $2d \sin\theta = n\lambda$; $a = \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$.

7.3. Вказати правильний ряд чисел для ГЦК решітки:

а) $\sin^2 \Theta_1 : \sin^2 \Theta_2 = 0,75$; $\sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_3 = 0,50$; $\sin^2 \Theta_3 : \sin^2 \Theta_4 = 0,72$ і т.д.;

б) $\sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_1 = 1$; $\sin^2 \Theta_3 : \sin^2 \Theta_1 = 1,33$; $\sin^2 \Theta_4 : \sin^2 \Theta_1 = 3,67$ і т.д.;

в) $\sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_1 = 2$; $\sin^2 \Theta_3 : \sin^2 \Theta_1 = 3$; $\sin^2 \Theta_4 : \sin^2 \Theta_1 = 4$ і т.д.;

г) $\sin^2 \Theta_1 : \sin^2 \Theta_2 = 0,5$; $\sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_3 = 0,5$; $\sin^2 \Theta_3 : \sin^2 \Theta_4 = 0,5$ і т.д.

7.4. Рентгенографія вирішує основну задачу:

- а) встановлення елементного складу;
- б) встановлення фазового складу;
- в) визначення кутів деформації;
- г) визначення середнього розміру кристалітів.

7.5. В рентгенографії не використовується поняття стала приладу, оскільки:

а) методика рентгенофазового аналізу не оперує поняттям стала приладу;

б) рівняння $\sin^2 \Theta_1 : \sin^2 \Theta_2 : \sin^2 \Theta_3 : \dots = (h_1^2 + k_1^2 + l_1^2) : (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2) : \dots$ відіграє роль сталої приладу;

- в) інструментальна ширина відіграє роль сталої приладу;
- г) рівняння $2d \sin \Theta = n\lambda$ тотожне сталій приладу.

7.6. Фазовий аналіз можна здійснювати:

- а) шляхом використання основних рівнянь рентгенографії;
- б) шляхом використання номограм Бйорстрема;
- в) шляхом встановлення кутів дифракції;
- г) шляхом використання основних рівнянь рентгенографії при аналізі простих сингоній та номограм Бйорстрема для аналізу складних сингоній.

Завдання 8. Оптопара як елементарний оптрон.

8.1. Робочі параметри оптопар. До передаточних параметрів оптопар відносять наступні:

- а) коефіцієнт передачі за струмом, час затримки, швидкодія;
- б) номінальний вхідний струм, вхідна напруга, ємність;
- в) максимально припустима пряма і зворотна напруги, залишкова напруга, вихідна ємність;
- г) вхідний струм, вихідний струм, вхідна напруга.

8.2. Застосування оптопар. Як оптоелектронні імпульсні трансформатори; елементи узгодження периферійних ліній з центральним процесором ЕОМ; низьковольтного блоку з високовольтним застосовують:

- а) транзисторні оптопари;
- б) діодні оптопари;
- в) резисторні оптопари;
- г) тиристорні оптопари.

8.3. Оптрони: конструктивно-технологічні особливості діодної оптопари. Виберіть правильне твердження:

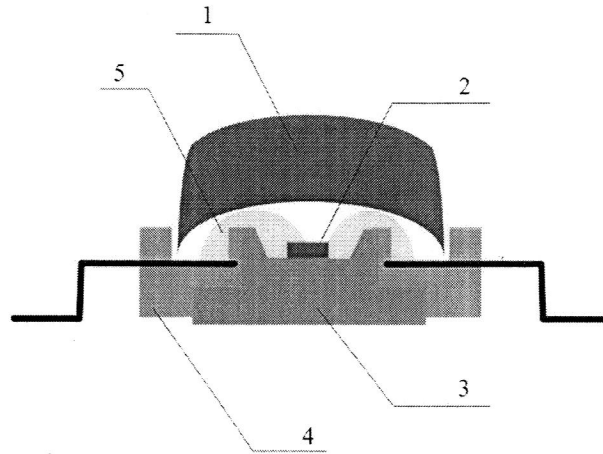
- а) джерелом випромінювання в діодній оптопарі виступає інфрачервоний світлодіод, а приймачем – фотодіод на основі Si;
- б) джерелом випромінювання в діодній оптопарі виступає лазер, а приймачем – фоторезистор на основі CdSe;
- в) джерелом випромінювання в діодній оптопарі виступає надмініатюрна лампа накалювання або електролюмінесцентна комірка, а приймачем – фоторезистор на основі PbSe або PbS;
- г) джерелом випромінювання в діодній оптопарі виступає інфрачервоний світлодіод, а приймачем – фототиристор.

8.4. Яке перетворення енергії відбувається в оптроні:

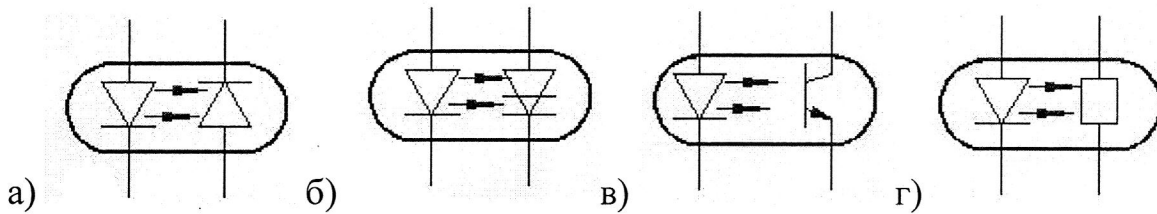
- а) подвійне перетворення електричної енергії в оптичну;
- б) електричної енергії в оптичну;
- в) оптичної енергії в теплову;
- г) енергії хімічних реакцій в оптичну енергію.

8.5. Який номер на конструктивній схемі світловипромінюючого діода відповідає його підкладці:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.



8.6. Яке позначення на схемах відповідає резисторній оптопарі:



Завідувач кафедри
електроніки, загальної та
прикладної фізики

Проценко І.Ю.

ПОГОДЖЕНО:

Заступник декана факультету ЕлІТ

Козлова І.І.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Шифр _____

АРКУШ ВІДПОВІДІ

комплексного екзамену з атестації за ступенем «бакалавр»
за напрямом підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи»
за фаховим спрямуванням «Електронні прилади та пристрої»

Варіант № _____

Завдання № 1

| 1.1 | | 1.2 | | 1.3 | | 1.4 | | 1.5 | | 1.6 | | 1.7 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 2

| 2.1 | | 2.2 | | 2.3 | | 2.4 | | 2.5 | | 2.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 3

| 3.1 | | 3.2 | | 3.3 | | 3.4 | | 3.5 | | 3.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 4

| 4.1 | | 4.2 | | 4.3 | | 4.4 | | 4.5 | | 4.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

УВАГА!!! Завдання мають кілька варіантів відповідей, серед яких лише один правильний. Виберіть правильний, на Вашу думку, варіант та позначте його, як показано на зразку. Кількість виправлень впливає на загальну оцінку роботи!

| а | б | в |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

АРКУШ ВІДПОВІДІ (продовження)

Варіант № _____

Завдання № 5

| 5.1 | | 5.2 | | 5.3 | | 5.4 | | 5.5 | | 5.6 | | 5.7 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 6

| 6.1 | | 6.2 | | 6.3 | | 6.4 | | 6.5 | | 6.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 7

| 7.1 | | 7.2 | | 7.3 | | 7.4 | | 7.5 | | 7.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Завдання № 8

| 8.1 | | 8.2 | | 8.3 | | 8.4 | | 8.5 | | 8.6 | |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> | а | <input type="checkbox"/> |
| б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> | б | <input type="checkbox"/> |
| в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> | в | <input type="checkbox"/> |
| г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> | г | <input type="checkbox"/> |

Кількість правильних відповідей - _____; Кількість балів за них - _____;

Кількість виправлень - _____; Знято балів за виправлення - _____;

Всього балів з урахуванням знятих - _____; Оцінка _____

Голова комісії _____

Члени комісії _____